



(19)

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 132 596 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
12.09.2001 Patentblatt 2001/37

(51) Int Cl.7: F02D 35/02, F02D 41/26,  
F02D 41/38

(21) Anmeldenummer: 01104856.8

(22) Anmeldetag: 28.02.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 10.03.2000 DE 10011619

(71) Anmelder: Delphi Technologies, Inc.  
Troy, MI 48007 (US)

(72) Erfinder:  
• Wesquet, Alain  
8545 Niederpallen (LU)  
• Engel, Joseph A.  
4671 Oberkorn (LU)  
• Glavmo, Magnus P.  
8272 Mamer (LU)

(74) Vertreter: Manitz, Finsterwald & Partner  
Postfach 22 16 11  
80506 München (DE)

### (54) Anordnung und Verfahren zur Überwachung der Verbrennung in einem Verbrennungsmotor

(57) Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Überwachung der Verbrennung in einem Verbrennungsmotor, insbesondere in einem Dieselmotor. Die Anordnung weist eine an mindestens einem der Zylinder des Verbrennungsmotors vorgesehene Meßeinrichtung zum Bilden einer die Verbrennung beschreibenden Folge

von Meßwerten sowie eine Auswerteeinheit zum Auswerten der als Meßsignal von der Meßeinrichtung übertragenen Meßwerte auf. Die Regelungseinrichtung ist mit einem Analog-Digital-Wandler zum Digitalisieren des analogen Meßsignals und mit einem Mikroprozessor zum Auswerten des digitalisierten Meßsignals ausgestattet.

EP 1 132 596 A2

**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Überwachung der Verbrennung in einem Verbrennungsmotor, insbesondere in einem Dieselmotor, mit einer an mindestens einem der Zylinder des Verbrennungsmotors vorgesehenen Meßeinrichtung zum Bilden einer die Verbrennung beschreibenden Folge von Meßwerten, und mit einer mit der Meßeinrichtung leitend verbundenen Auswerteeinheit zum Auswerten der als Meßsignal von der Meßeinrichtung übertragenen Meßwerte. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 9 zur Überwachung der Verbrennung in einem Verbrennungsmotor.

[0002] Es ist bekannt, die Verbrennung in einem Verbrennungsmotor während des Betriebes des Verbrennungsmotors zu überwachen, um bei Abweichungen während des Betriebes des Verbrennungsmotors von einem vorgegebenen Betriebsverlauf, die im Ablauf der Verbrennung erkennbar sind, den Verbrennungsmotor entsprechend nachzuregeln. Zur Überwachung der Verbrennung wird an mindestens einem der Zylinder eine Meßeinrichtung vorgesehen, die eine die Verbrennung beschreibende Folge von Meßwerten bildet. Die Folge von Meßwerten wird anschließend als Meßsignal einer Auswerteeinheit übertragen, die aus dem Meßsignal den Verlauf der Verbrennung auswertet und beispielsweise zur Weiterverarbeitung durch die Motorregelung an diese weiterleitet.

[0003] Derzeit ist es üblich, als Auswerteeinheit eine individuell auf den jeweiligen Verbrennungsmotortyp angepaßte, anwendungsspezifische integrierte Schaltung zu verwenden, mit der das Meßsignal ausgewertet wird.

[0004] Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Anordnung zur Überwachung der Verbrennung in einem Verbrennungsmotor bzw. ein Verfahren hierzu anzugeben, durch die bzw. durch dessen Anwendung die Auswertung der Meßsignale an unterschiedlichste Verbrennungsmotortypen ohne großen Aufwand angepaßt werden kann.

[0005] Die Erfindung löst die Aufgabe durch eine Anordnung mit den Merkmalen nach Anspruch 1 und insbesondere dadurch, daß die Auswerteeinheit einen Analog-Digital-Wandler zum Digitalisieren des Meßsignals und einen Mikroprozessor zum Auswerten des digitalisierten Meßsignals aufweist. Ferner wird die Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen nach Anspruch 9 gelöst.

[0006] Bei der erfindungsgemäßen Anordnung bzw. dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das von der Meßeinrichtung abgegebene, analoge Meßsignal zunächst digitalisiert. Nach der Digitalisierung wird das Meßsignal in einen Mikroprozessor eingespeist, der das digitalisierte Meßsignal auswertet. Durch die Verwendung des Mikroprozessors ist es möglich, durch Umprogrammieren des Mikroprozessors den Algorithmus, mit dem die digitalisierten Meßsignale ausgewertet werden,

an den jeweiligen Verbrennungsmotortyp anzupassen, dessen Verbrennung durch die erfindungsgemäße Anordnung bzw. das erfindungsgemäße Verfahren überwacht werden soll. Die erfindungsgemäße Anordnung ist ohne großen Aufwand herstellbar und kann bei sich ändernden Vorgaben schnell an diese angepaßt werden. Des weiteren können aus dem digitalisierten Meßsignal von dem Mikroprozessor zusätzliche Informationen entnommen werden, die für die weitere Motorregelung des Verbrennungsmotors als Sollgrößen eingesetzt werden können.

[0007] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, der Zeichnung sowie den Unteransprüchen.

[0008] So wird bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung als Meßeinrichtung ein die Leitfähigkeit des Verbrennungsgases im Zylinder erfassender Sensor verwendet. Der Sensor erzeugt basierend auf dem Anteil an im Verbrennungsgas enthaltenen geladenen Teilchen eine Folge von Meßwerten, die die sich während der Verbrennung ändernde Leitfähigkeit des Verbrennungsgases beschreiben. Je nach Anwendungszweck ist es dabei möglich, durch Auswerten des Anteiles an positiv geladenen Teilchen im Verbrennungsgas die Kohlenwasserstoffbildung und durch Erfassen des Anteils an negativ geladenen Teilchen im Verbrennungsgas die Entstehung von Stickoxiden zu beobachten und entsprechend auszuwerten.

[0009] Damit eine eindeutige Aussage aus dem von der Meßeinrichtung abgegebenen Meßsignal abgelesen werden kann, wird ferner vorgeschlagen, zwischen der Meßeinrichtung und der Auswerteeinheit einen Verstärker anzudrücken, der das der Auswerteeinheit zugeführte Meßsignal verstärkt. Bei dieser Ausführungsform ist es von Vorteil, wenn die Auswerteeinheit zusätzlich mit dem Verstärker verbunden ist und den Verstärkungsfaktor des Verstärkers einstellt. Auf diese Weise ist eine Regelung der Verstärkung des Meßsignals durch die Auswerteeinheit möglich.

[0010] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung wird vorgeschlagen zwischen der Meßeinrichtung und der Auswerteeinheit eine Kompensationseinheit anzudrücken, mit der Meßwertabweichungen im Meßsignal kompensiert werden können. So hat sich gezeigt, daß während des längeren Betriebes des Verbrennungsmotors, insbesondere bei Verwendung des die Leitfähigkeit des Verbrennungsgases erfassenden Sensors als Meßeinrichtung, die Meßeinrichtung durch Ablagerungen aus dem Verbrennungsgas verunreinigt wird, wodurch Meßwertabweichungen im Meßsignal entstehen können. Im ungünstigsten Fall können diese Meßwertabweichungen das Meßsignal so beeinflussen, daß eine ordnungsgemäße Auswertung des Meßsignals durch die Auswerteeinheit nur noch eingeschränkt möglich ist oder gegebenenfalls sogar verhindert sein kann. Durch die Kompensation der Meßwertabweichung wird die Auswerteeinheit in die Lage versetzt, ein Meßsignal

ohne Meßwertabweichungen auszuwerten. Auch hier ist es von Vorteil, wenn die Auswerteeinheit mit der Kompensationseinheit zum Einstellen zusätzlich verbunden ist, damit ein geschlossener Regelkreis zwischen der Auswerteeinheit und der Kompensationseinheit gebildet ist.

[0011] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung ist an jedem Zylinder des Verbrennungsmotors eine Meßeinrichtung zum Bestimmen der Leitfähigkeit des Verbrennungsgases vorgesehen, die jeweils mit einer Kompensationseinheit verbunden ist. Damit die Auswerteeinheit nur jeweils das Meßsignal einer bestimmten Meßeinrichtung zum Auswerten erfaßt, steht die Auswerteeinheit durch eine Multiplexereinheit mit den Kompensationseinheiten der Meßeinrichtungen in Verbindung, wobei die Multiplexereinheit entsprechend einem Stellsignal von der Auswerteeinheit jeweils die Meßeinrichtung auswählt, die die Leitfähigkeit des Verbrennungsgases in dem jeweils zu überwachenden Zylinder ermittelt.

[0012] Auch bei dieser bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung kann zusätzlich zwischen der Auswerteeinheit und der Multiplexereinheit ein Verstärker zum Verstärken des der Auswerteeinheit zugeführten Meßsignals angeordnet sein.

[0013] Einen weiteren Aspekt der Erfindung stellt das erfindungsgemäße Verfahren dar, bei dem das aus der Folge von Meßwerten gebildete, analoge Meßsignal zunächst digitalisiert und anschließend zum Auswerten in den Mikroprozessor eingespeist wird. Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt der Schwerpunkt insbesondere in der Kompensation der die Auswertung der Meßwerte verfälschenden Meßwertabweichung.

[0014] So wird bei dieser bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens vorgeschlagen, die Meßwertabweichung vor Beginn der zu überwachenden Verbrennung zu bestimmen, da auf dieses Weise sichergestellt ist, daß das Meßsignal unbeeinflußt von der Verbrennung bezogen auf einen Referenzwert die Meßwertabweichung eindeutig angibt. Auf diese Weise kann die Meßwertabweichung eindeutig bestimmt und anschließend in einem weiteren Verfahrensschritt kompensiert werden.

[0015] Ist die Verbrennung in eine Vielzahl zeitlich begrenzter Verbrennungsvorgänge untergliedert, kann die Meßwertabweichung zu einem definierten Zeitpunkt bezogen auf den Beginn des jeweiligen Verbrennungsvorgangs, beispielsweise zu einem vorgegebenen zeitlichen Abstand vor einem Einspritzzeitpunkt, bei dem der Kraftstoff für den zu überwachenden Verbrennungsvorgang in den Zylinder des Verbrennungsmotors eingespritzt wird, bestimmt werden. Alternativ ist es auch möglich, die Meßwertabweichung zu einem definierten Zeitpunkt bezogen auf den Beginn einer Serie von zu überwachenden Verbrennungsvorgängen zu bestimmen. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn der

Viereckmotor mit hoher Drehzahl betrieben wird, so daß die im Zylinder erfolgenden Verbrennungsvorgänge mit vergleichsweise geringem zeitlichen Abstand aufeinander folgen und eine Bestimmung der Meßwertabweichung nur mit sehr hoher Rechengeschwindigkeit möglich ist. Bei hohen Drehzahlen des Verbrennungsmotors ist es alternativ auch möglich die Meßwertabweichungen stichprobenartig zu bestimmen.

[0016] Zu den zuvor beschriebenen Möglichkeiten, die Meßwertabweichungen zu bestimmen, ist zu bemerken, daß das Verfahren gleichzeitig zur Durchführung dieser drei Möglichkeiten ausgelegt sein kann, wobei entsprechend der Betriebsweise des Verbrennungsmotors eine dieser Möglichkeiten, die Meßwertabweichungen zu bestimmen, ausgewählt wird.

[0017] Auch bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird bei einer bevorzugten Ausführungsform vorgeschlagen, daß Meßsignal vor dem Auswerten zu verstärken, um die Auswertung zu vereinfachen. Es wird jedoch vorgeschlagen, bei einer Verstärkung des Meßsignals die Meßwertabweichung vor der Verstärkung des Signals zu bestimmen, um bei hohen Meßwertabweichungen eine Überlagerung der eigentlichen Meßwerte durch die Meßwertabweichung zu vermeiden.

[0018] Des Weiteren wird vorgeschlagen, bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zusätzlich eine Diagnosefunktion vorzusehen, bei der, sobald die Meßwertabweichung einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet, eine Fehlfunktion der die Meßwerte bestimmenden Meßeinrichtung diagnostiziert wird. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn eine die Leitfähigkeit des Verbrennungsgases bestimmende Meßeinrichtung verwendet wird, die durch Ablagerungen aus dem Verbrennungsgas in ihrer Meßgenauigkeit beeinträchtigt sein kann. So hat sich gezeigt, daß bei entsprechend starken Ablagerungen an der Meßeinrichtung die Meßwertabweichungen einerseits sehr hoch sind, andererseits die Meßwerte nur mehr eingeschränkt bestimmt werden können.

[0019] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

45 Fig. 1 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Anordnung zur Überwachung der Verbrennung in einem Dieselmotor, und

50 Fig. 2 ein Diagramm, in dem vier verschiedene miteinander unmittelbar in Beziehung stehende Signalverläufe bezogen auf den zeitlichen Ablauf eines Verbrennungsvorgangs in einem Zylinder des Dieselmotors gezeigt sind.

55 [0020] In Fig. 1 ist ein Blockschaltbild einer Anordnung 10 zur Überwachung der Verbrennung in einem Dieselmotor dargestellt. Die Anordnung 10 weist an jedem Zylinder des Dieselmotors eine Ionenmeßeinrich-

tung 12 auf, mit der die Leitfähigkeit des im Zylinder befindlichen Verbrennungsgases gemessen wird. Jede Ionenmeßeinrichtung 12 ist mit einer Kompensationseinheit 14, die unter anderem einen Operationsverstärker aufweist, leitend verbunden. Sämtliche Kompensationseinheiten 14 sind ihrerseits an einer gemeinsamen Multiplexereinheit 16 angeschlossen. Die Multiplexereinheit 16 steht mit einer Verstärkereinheit 18 in Verbindung, deren Ausgang mit dem Eingang einer Auswerteeinheit 20 verbunden ist. Am Eingang der Auswerteeinheit 20, der mit der Verstärkereinheit 18 in Verbindung steht, ist ein Analog-Digital-Wandler 22 angeordnet, der das von der Verstärkereinheit 18 an die Auswerteeinheit 20 übertragene und verstärkte Meßsignal, daß als analoges Signal an die Auswerteeinheit 20 übertragen wird, in ein digitales Signal umwandelt. Der Analog-Digital-Wandler 22 ist wiederum mit einem Mikroprozessor 24 der Auswerteeinheit 20 verbunden, in dem das digitale Meßsignal entsprechend vorgegebener, abgespeicherter Algorithmen ausgewertet wird.

[0021] Zum Messen der Leitfähigkeit des im Zylinder befindlichen Verbrennungsgases wird als Sensor die Glühkerze des Zylinders verwendet, der die jeweilige Ionenmeßeinrichtung 12 zugeordnet ist. Die Glühkerze des jeweiligen Zylinders ist mit einem Referenzwiderstand in Reihe geschaltet und mit der Innenwand des Zylinders leitend verbunden. Mit Hilfe eines Kondensators, der während der Meßpausen von der Auswerteeinheit 20 aufgeladen wird, wird an die Glühkerze zur Bestimmung der Leitfähigkeit des Verbrennungsgases eine elektrische Spannung angelegt. Soll die Leitfähigkeit des Verbrennungsgases auf Grundlage der im Verbrennungsgas enthaltenen positiv geladenen Teilchen bestimmt werden, wird an die Glühkerze während eines Teils des Verdichtungshubes und eines Teils des Arbeitshubes des Kolbens des betreffenden Zylinders mit Hilfe des Kondensators eine negative Spannung angelegt. Durch die während des Verbrennungsprozesses entstehenden positiv geladenen Teilchen ändert sich die Leitfähigkeit des Verbrennungsgases zwischen der Glühkerze und der Innenwand des Zylinders, wodurch sich die am Referenzwiderstand abfallende Spannung ändert, die gemessen und als Meßsignal ausgegeben wird. Alternativ ist es auch möglich, an der Glühkerze eine positive elektrische Spannung mit Hilfe des Kondensators anzulegen, so daß die Ionenmeßeinrichtung 12 den Anteil an negativ geladenen Teilchen im Verbrennungsgas erfaßt.

[0022] Das von der jeweiligen Ionenmeßeinrichtung 12 erzeugte Meßsignal wird anschließend an die der jeweiligen Ionenmeßeinrichtung 12 nachgeordnete Kompensationseinheit 14 übertragen. Mit Hilfe der Kompensationseinheit 14 werden Meßabweichungen, die sich beispielsweise durch Ablagerungen an der als Sensor dienenden Glühkerze ergeben und das Meßsignal verfälschen, ausgeglichen, wie später noch ausführlich erläutert wird, um eine ordnungsgemäße Auswertung des Meßsignals sicherzustellen. Hierzu wird in die Kompen-

sationseinheit ein Kompensationsfaktor eingegeben, der durch eine erste Leitung 26 unmittelbar von der Auswerteeinheit 20 an die jeweils aktive Kompensationseinheit 14 übertragen wird.

5 [0023] Mit Hilfe der Multiplexereinheit 16, die durch eine zweite Leitung 28 von der Auswerteeinheit 20 angesteuert wird, wird entsprechend des Stellsignals der Auswerteeinheit 20 jeweils das Meßsignal der Ionenmeßeinrichtung 12 an die Verstärkereinheit 18 weitergeleitet, deren Meßsignal von der Auswerteeinheit 20 ausgewertet werden soll. So wählt die Auswerteeinheit 20 das Meßsignal der Ionenmeßeinrichtung 12 für die weitere Auswertung aus, die einen Zylinder des Dieselmotors überwacht, in dem ein Einspritzvorgang unmittelbar bevorsteht.

[0024] Das von der Multiplexereinheit 16 an die Verstärkereinheit 18 übertragene Meßsignal wird an schließend von der Verstärkereinheit 18 verstärkt und an den Analog-Digital-Wandler 22 der Auswerteeinheit 20 übertragen. Auch die Verstärkereinheit 18 steht über eine Leitung 30 mit der Auswerteeinheit 20 in Verbindung, die den Verstärkfaktor vorgibt und an die Verstärkereinheit 18 weiterleitet, mit dem die Verstärkereinheit 18 das Meßsignal verstärken soll.

25 [0025] Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die Fig. 1 und 2 das Verfahren beschrieben, mit dem die Anordnung 10 betrieben wird.

[0026] In dem in Fig. 2 gezeigten Diagramm sind insgesamt vier Signalkurven 40, 42, 44 und 46 bezogen auf eine Zeitachse t übereinander dargestellt, die miteinander unmittelbar in Beziehung stehen. Die Referenzsignalkurve 40 ist ein digitales Signal, bei dem jedesmal wenn der Dieselmotor in eine bestimmte Betriebsposition gelangt, beispielsweise wenn der Kurbelwellenwinkel einen bestimmten Wert annimmt, das Signal der Referenzsignalkurve 40 über einen vorgegebenen Zeitraum  $\Delta t_1$  von 0 auf 1 gesetzt wird. Nach Ablauf des vorgegebenen Zeitraums  $\Delta t_1$  wird das Referenzsignal 40 wieder auf 0 zurückgesetzt, wie der Signalausschlag 48 der Referenzsignalkurve 40 zeigt.

[0027] Bei der zweiten Signalkurve handelt es sich um die Einspritzsignalkurve 42, die ebenfalls als digitales Signal ausgegeben wird und den Beginn sowie das Ende der Voreinspritzung und den Beginn und das Ende der Haupteinspritzung signalisiert. So wird die Einspritzsignalkurve 42, sobald die Voreinspritzung beginnt, von 0 auf 1 gesetzt, wie der Voreinspritzimpuls 50 zeigt. Nachdem die Voreinspritzung abgeschlossen ist, wird die Einspritzsignalkurve 42 wieder auf 0 zurückgesetzt, bis die Haupteinspritzung beginnt. Sobald mit der Haupteinspritzung begonnen wird, wird die Einspritzsignalkurve 42 wieder von 0 auf 1 gesetzt, wie der Haupteinspritzimpuls 52 zeigt, der nach Abschluß der Haupteinspritzung wieder auf 0 zurückgesetzt wird.

[0028] Bei der dritten Signalkurve handelt es sich um die Meßsignalkurve 44, mit der die von der Ionenmeßeinrichtung 12 der Anordnung 10 erfaßte Leitfähigkeit des Verbrennungsgases im Zylinder darge-

stellt wird. Hierbei handelt es sich um ein analoges Signal, aus dem der Verlauf der durch die Voreinspritzung verursachten Vorverbrennung und der Verlauf der durch die Haupteinspritzung verursachten Hauptverbrennung entnommen werden kann. Die Meßsignalkurve 44 zeigt vor Beginn der Einspritzung ein annähernd parallel zur Zeitachse  $t$  verlaufendes Signal, das jedoch um eine Abweichung  $y$  bezüglich der Null-Volt-Marke aufgrund von Ablagerungen am Sensor der jeweiligen Ionenmeßeinrichtung 12 verschoben sein kann. Sobald die Vorverbrennung beginnt, steigt die Meßsignalkurve 44 auf eine erste Signalspitze 54 an, die nach Abschluß der Vorverbrennung wieder auf den der Abweichung  $y$  entsprechenden Ausgangswert zurückfällt. Sobald die Hauptverbrennung beginnt steigt die Meßsignalkurve 44 erneut unter Bildung einer zweiten Signalspitze 56 an, die gleichfalls nach Abschluß der Hauptverbrennung auf den der Abweichung  $y$  entsprechenden Ausgangswert zurückfällt.

[0029] Die letzte Kurve zeigt eine digitale Auswertekurve 46, mit der sogenannte Meßfenster 58, 60 und 62 definiert werden, wie nachfolgend erläutert wird.

[0030] Sobald die Anordnung 10 aktiviert wird, wählt die Auswerteeinheit 20 beispielsweise aus der ermittelten Kurbelwellenstellung den Zylinder aus, dessen Verbrennung überwacht werden soll. Anschließend betätigt die Auswerteeinheit 20 die Multiplexereinheit 16, die entsprechend der Vorgabe der Auswerteeinheit 20 nur das Signal der Ionenmeßeinrichtung 12 des Zylinders an die Auswerteeinheit 20 weiterleitet, der von der Auswerteeinheit 20 zur Überwachung ausgewählt worden ist. Gleichzeitig setzt die Auswerteeinheit 20 den Kompensationsfaktor auf 0, mit dem die Kompensationseinheit 14 das von der Ionenmeßeinrichtung 12 abgegebene Meßsignal umwandelt, um auftretende Meßwertabweichungen zu kompensieren. Ferner setzt die Auswerteeinheit 20 den Verstärkungsfaktor der Verstärkerseinheit 18 auf 1, damit das Meßsignal unverstärkt an die Auswerteeinheit 20 übertragen wird. Sobald die Auswerteeinheit 20 das Meßsignal der Ionenmeßeinrichtung 12 unverfälscht erfassen kann, wird das eigentliche Meßverfahren durchgeführt, das nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 2 näher erläutert wird.

[0031] Wenn eine vorgegebene Drehstellung der Kurbelwellen des Dieselmotors erfaßt worden ist, wird das Referenzsignal der Referenzsignalkurve 40 über den ersten Zeitraum  $\Delta t_1$  auf 1 gesetzt. Gleichzeitig wird das Signal in der Auswertekurve 46 über einen vorgegebenen ersten Meßzeitraum  $\Delta t_{m1}$  von 0 auf 1 gesetzt, wodurch das erste Meßfenster 58 definiert wird. Innerhalb dieses ersten Meßfensters 58 erfaßt die Auswerteeinheit 20 das Meßsignal der Ionenmeßeinrichtung 12 und wertet dies aus. Da zu diesem Zeitpunkt, wie insbesondere die Meßsignalkurve 44 zeigt, an sich keine Leitfähigkeitsänderung im überwachten Zylinder auftritt, zeigt das Meßsignal einen konstanten Verlauf, der jedoch gegebenenfalls um die Abweichung  $y$  versetzt zur Null-Volt-Marke parallel zu Zeitachse  $t$  verschoben sein

kann. Hierbei handelt es sich um eine erfaßte Leitfähigkeitsänderung, die sich beispielsweise durch an der Glühkerze der Ionenmeßeinrichtung 12 anhaftende Ablagerungen ergibt. Die Auswerteeinheit 20 ist nun in der Lage, innerhalb des ersten Meßfeldes 58 diese Abweichung  $y$  zu erfassen und mit Hilfe der Kompensationseinheit 14 im späteren Meßverfahren zu kompensieren. Nachdem die Auswertung des Meßsignals im ersten Meßfenster 58 abgeschlossen ist, wird die Auswertekurve 46 wieder auf 0 zurückgesetzt.

[0032] Aus der im ersten Meßfenster 58 erfaßten Abweichung  $y$  wird der Kompensationsfaktor der Kompensationseinheit 14 von der Auswerteeinheit 20 bestimmt und an die Kompensationseinheit 14 durch die zweite Leitung 28 weitergeleitet, die entsprechend des Kompensationsfaktors durch Subtraktion die Meßwertabweichung im Meßsignal 44 kompensiert. Gleichzeitig aktiviert die Auswerteeinheit 20 die Verstärkerseinheit 18, indem sie an die Verstärkerseinheit 18 einen Verstärkungsfaktor übermittelt, der größer als 1 ist, um das Meßsignal zu verstärken.

[0033] Kurz nachdem die Voreinspritzung in den Zylinder erfolgt ist, wie die Einspritzsignalkurve 42 durch den Voreinspritzimpuls 50 angibt, wird die Auswertekurve 46 über einen vorgegebenen zweiten Meßzeitraum  $\Delta t_{m2}$  von 0 auf 1 gesetzt, wodurch das zweite Meßfenster 60 definiert wird. Die Länge des zweiten Meßzeitraums  $\Delta t_{m2}$  wird aus einer Reihe von abgespeicherten Meßzeiträumen in Abhängigkeit von der Drehzahl des Motors ausgelesen. Die Position des zweiten Meßfensters 60 kann gleichfalls entweder in Abhängigkeit von der Drehzahl des Motors aus einer Tabelle ausgelesen oder aber entsprechend einem vorgegebenen Versatz bezüglich des Voreinspritzimpulses 50 definiert sein.

[0034] Innerhalb des zweiten Meßfensters 60 erfaßt die Auswerteeinheit 20 aus der Meßsignalkurve 44 den Verlauf der durch die Voreinspritzung verursachten Vorverbrennung, wie er durch die erste Signalspitze 54 definiert ist. Aus dem Verlauf der Vorverbrennung des digitalisierten Meßsignals kann die Auswerteeinheit 20 mit Hilfe ihres Mikroprozessors 24 beispielsweise den Beginn, den Verlauf, die Temperaturentstehung oder die Wärmefreisetzung der Vorverbrennung auswerten und die Auswertergebnisse beispielsweise an eine nicht dargestellte Motorregelung weiterleiten, die die Voreinspritzung für den entsprechenden Zylinder entsprechend nachregeln kann. Nachdem die Vorverbrennung erfaßt worden ist, wird das Signal der Auswertekurve 46 wieder von 1 auf 0 gesetzt, wodurch die durch das zweite Meßfenster 60 zeitlich begrenzte Messung beendet ist.

[0035] In gleicher Weise wird der Verlauf Haupteinspritzung von der Auswerteeinheit 20 erfaßt. Auch hier wird das Signal der Auswertekurve 46 ab einem bestimmten Zeitpunkt über einen vorgegebenen dritten Meßzeitraum  $\Delta t_{m3}$  auf 1 gesetzt, wodurch das dritte Meßfenster 62 definiert wird. Die Position des dritten Meßfensters 62 und die Länge des dritten Meßzeit-

raums  $\Delta t_{m3}$  wird gleichfalls in Abhängigkeit von der Drehzahl des Dieselmotors aus einer Tabelle abgelesen. Während des dritten Meßfensters 62 erfaßt die Auswerteeinheit 20 aus der Meßsignalkurve 44 den Verlauf der durch die Haupt einspritzung verursachten Hauptverbrennung, wie er in der Meßsignalkurve 44 durch die zweite Signalspitze 56 dargestellt wird.

[0036] Durch die Meßfenster 58, 60 und 62 ist es möglich, zeitlich versetzt mit Hilfe der Auswerteeinheit 20 aufeinanderfolgend die verschiedenen Zylinder auszuwerten. Dabei ist es auch möglich, das Meßsignal der jeweiligen Ionenmeßeinrichtung 12 stichprobenartig auszuwerten.

[0037] Durch das ausgewertete Signal ergeben sich verschiedenste Anwendungsmöglichkeiten, die sich aus dem Signal ergebenden Informationen weiterzuverarbeiten. So kann beispielsweise mit Hilfe der ausgewerteten Signale die Leistung der einzelnen Zylinder so aufeinander abgestimmt werden, daß der Dieselmotor vergleichsweise ruhig läuft. Andererseits ist es möglich, aus dem Verlauf des Meßsignals Rückschlüsse auf den Verlauf der Vorverbrennung und der Hauptverbrennung zu ziehen, um diese gegebenenfalls nachzuregeln. Ein weiteres Einsatzgebiet des erfaßten Signals liegt darin, zu Diagnosezwecken aus dem Signal zu ermitteln, ob beispielsweise das Einspritzventil klemmt und nicht mehr geöffnet bzw. geschlossen werden kann.

[0038] Sollte die während des ersten Meßfensters 58 erfaßte Abweichung y einen vorgegebenen Grenzwert überschreiten, ist dies ein Hinweis darauf, daß die Glühkerze durch Ablagerungen so stark verschmutzt ist, daß sie nicht mehr ordnungsgemäß arbeiten kann. In einem solchen Fall besteht beispielsweise die Möglichkeit die Glühkerze durch Aufheizen von den Ablagerungen zu reinigen.

#### Bezugszeichenliste

##### [0039]

- 10 Anordnung zur Verbrennungsüberwachung
- 12 Ionenmeßeinrichtung
- 14 Kompensationseinheit
- 16 Multiplexereinheit
- 18 Verstärkerelheit
- 20 Auswerteeinheit
- 22 Analog-Digital-Wandler
- 24 Mikroprozessor
- 26 erste Leitung
- 28 zweite Leitung
- 30 dritte Leitung

- t Zeitachse
- 40 Referenzsignalkurve
- $\Delta t_r$  erster Zeitraum
- 42 Einspritzsignalkurve
- 44 Meßsignalkurve
- 46 Auswertekurve

48	Signalausschlag
50	Voreinspritzimpuls
52	Haupt einspritzimpuls
54	erste Signalspitze
56	zweite Signalspitze
58	erstes Meßfenster
60	zweites Meßfenster
62	drittes Meßfenster
$\Delta t_{m1}$	erster Meßzeitraum
$\Delta t_{m2}$	zweiter Meßzeitraum
$\Delta t_{m3}$	dritter Meßzeitraum

#### **Patentansprüche**

15

1. Anordnung zur Überwachung der Verbrennung in einem Verbrennungsmotor, insbesondere in einem Dieselmotor,

20

mit einer an mindestens einem der Zylinder des Verbrennungsmotors vorgesehenen Meßeinrichtung (12) zum Bilden einer die Verbrennung beschreibenden Folge von Meßwerten, und mit einer mit der Meßeinrichtung (12) leitend verbundenen Auswerteeinheit (20) zum Auswerten der als Meßsignal (44) von der Meßeinrichtung (12) übertragenen Meßwerte,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Auswerteeinheit (20) einen Analog-Digital-Wandler (22) zum Digitalisieren des Meßsignals (44) und einen Mikroprozessor (24) zum Auswerten des digitalisierten Meßsignals (44) aufweist.

35 2. Anordnung nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Meßeinrichtung ein die Leitfähigkeit des Verbrennungsgases im Zylinder erfassender Sensor (12) ist, der basierend auf dem Anteil an im Verbrennungsgas enthaltenden geladenen Teilchen eine Folge von die Leitfähigkeit beschreibenden Meßwerten erzeugt.

40 3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**

daß zwischen der Meßeinrichtung (12) und der Auswerteeinheit (20) ein Verstärker (18) zum Verstärken des der Auswerteeinheit (20) zugeführten Meßsignals (44) angeordnet ist.

45 4. Anordnung nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Auswerteeinheit (20) mit dem Verstärker (18) zum Einstellen des Verstärkungsfaktors zusätzlich verbunden ist.

50 5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**

- daß zwischen der Meßeinrichtung (12) und der Auswerteeinheit (20) bzw. zwischen der Meßeinrichtung (12) und dem Verstärker (18) eine Kompensationseinheit (14) angeordnet ist, mit der Meßwertabweichungen (y) im Meßsignal (44) kompensierbar sind.
6. Anordnung nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Auswerteeinheit (20) mit der Kompensationseinheit (14) zum Einstellen der Kompensationseinheit (14) zusätzlich verbunden ist.
7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß an jedem Zylinder eine Meßeinrichtung (12) zum Bestimmen der Leitfähigkeit des Verbrennungsgases vorgesehen ist, die jeweils mit einer Kompensationseinheit (14) verbunden ist, und daß die Auswerteeinheit (20) durch eine Multiplexereinheit (16) mit den Kompensationseinheiten (14) der Meßeinrichtungen (12) in Verbindung steht, wobei die Multiplexereinheit (16) entsprechend einem Stellsignal von der Auswerteeinheit (20) die Meßeinrichtung (12) des jeweils zu überwachenden Zylinders zur Auswertung des Meßsignals (44) auswählt.
8. Anordnung nach Anspruch 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß zwischen der Auswerteeinheit (20) und der Multiplexereinheit (16) ein Verstärker (18) zum Verstärken des der Auswerteeinheit (20) zugeführten Meßsignals (44) angeordnet ist.
9. Verfahren zur Überwachung der Verbrennung in einem Verbrennungsmotor, insbesondere in einem Dieselmotor, wobei bei dem Verfahren mindestens eine die Verbrennung im Verbrennungsmotor beschreibende Folge von Meßwerten gebildet wird, und die Folge von Meßwerten anschließend zur Analyse des Verbrennungsverlaufes ausgewertet wird,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß das aus der Folge von Meßwerten gebildete, analoge Meßsignal (44) zum Auswerten durch einen Mikroprozessor (24) digitalisiert wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß vor der Auswertung der Meßwerte eine die Auswertung verfälschende Meßwertabweichung (y) in der Folge von Meßwerten kompensiert wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Meßwertabweichung (y) vor Beginn der zu überwachenden Verbrennung bestimmt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Verbrennung in eine Vielzahl zeitlich begrenzter Verbrennungsvorgänge untergliedert ist, wobei vorzugsweise für jeden Verbrennungsvorgang eine Folge von Meßwerten bestimmt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Meßwertabweichung (y) zu einem definierten Zeitpunkt bezogen auf den Beginn des jeweiligen Verbrennungsvorgangs bestimmt wird, vorzugsweise zu einem vorgegebenen zeitlichen Abstand vor einem Einspritzzeitpunkt, bei dem der Kraftstoff für den zu überwachenden Verbrennungsvorgang in den Zylinder des Verbrennungsmotors eingespritzt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Meßwertabweichung (y) zu einem definierten Zeitpunkt bezogen auf den Beginn einer Serie von zu überwachenden Verbrennungsvorgängen bestimmt wird, vorzugsweise zu einem vorgegebenen zeitlichen Abstand vor einem Einspritzzeitpunkt, bei dem der Kraftstoff für den ersten Verbrennungsvorgang der zu überwachenden Serie von Verbrennungsvorgängen in den Zylinder des Verbrennungsmotors eingespritzt wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12, 13 oder 14,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Bestimmung der Meßwertabweichung (y) stichprobenartig erfolgt.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 15,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß jeder Meßwert der Folge durch Subtraktion der Meßwertabweichung (y) berichtigt wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 16,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß das Meßsignal (44) vor dem Auswerten verstärkt wird, und daß die Meßwertabweichung (y) vor der Verstärkung des Meßsignals (44) bestimmt wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 17,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß ein erstes Meßfenster (58) definiert wird, innerhalb dem der Meßwertabweichung (y) bestimmt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß zwei weitere Meßfenster (60, 62) definiert werden, wobei innerhalb des zweiten Meßfensters (60)

aus dem Meßsignal (44) der Verlauf der Vorverbrennung, und innerhalb des dritten Meßfensters (62) aus dem Meßsignal (44) der Verlauf der Hauptverbrennung bestimmt wird.

5

20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Position und/oder die Länge des ersten Meßfensters (58) bzw. die Position und/oder die Länge zumindest eines der drei Meßfenster (58, 60, 62) in Abhängigkeit der Betriebsdaten des Verbrennungsmotors ermittelt wird, vorzugsweise aus einer Tabelle abgespeicherter Daten entsprechend den Betriebsdaten ausgewählt wird.

15

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 20,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß, sobald die Meßwertabweichung (y) einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet, eine Fehlfunktion der die Meßwerte bestimmenden Meßeinrichtung diagnostiziert wird.

20

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 21,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Verlauf der Verbrennung durch Messen der Leitfähigkeit des Verbrennungsgases beschrieben wird, wobei die den Verlauf der Verbrennung beschreibende Folge von Meßwerten eine Folge von Leitfähigkeitswerten ist.

25

30

35

40

45

50

55

8

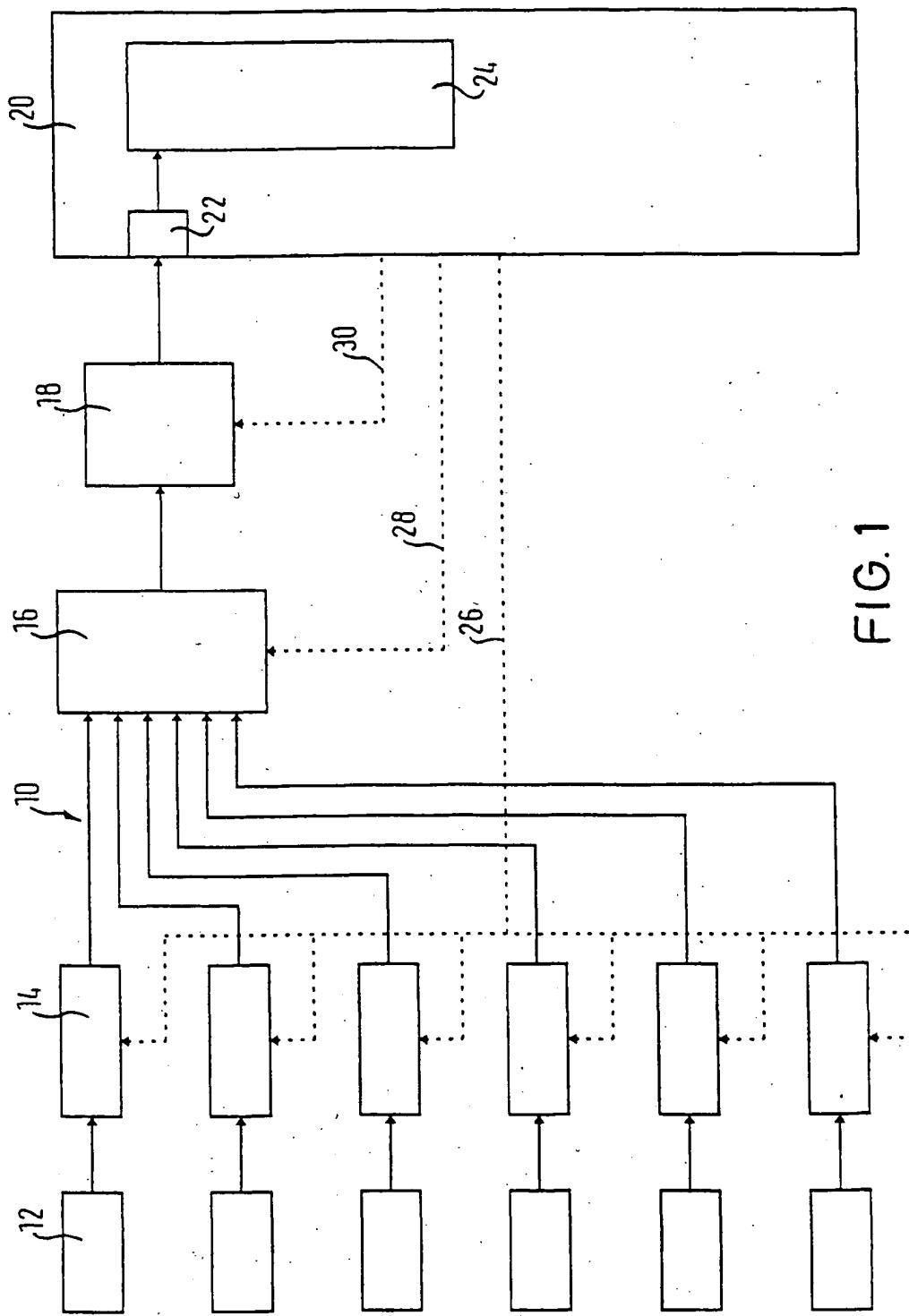


FIG. 1

FIG. 2

